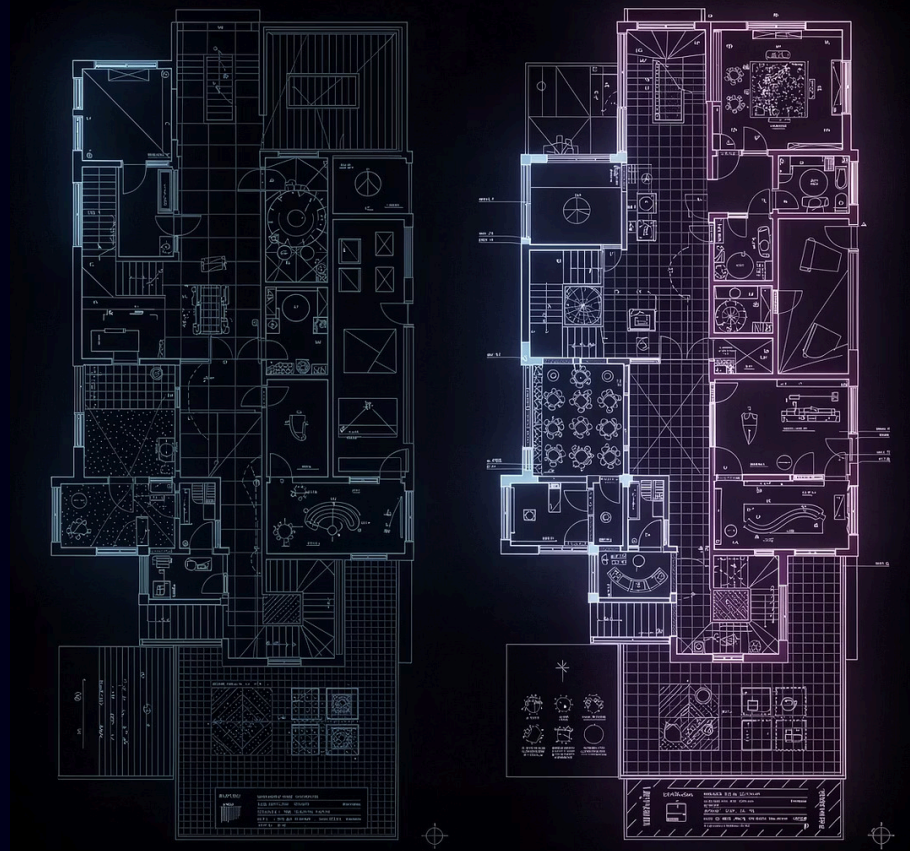
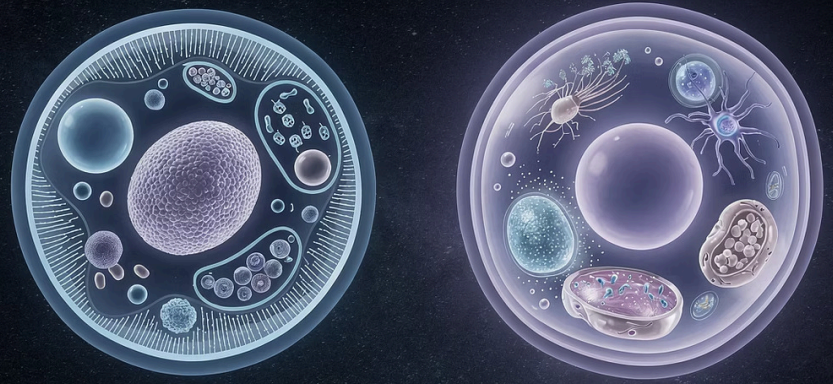
Slayt Yapısı



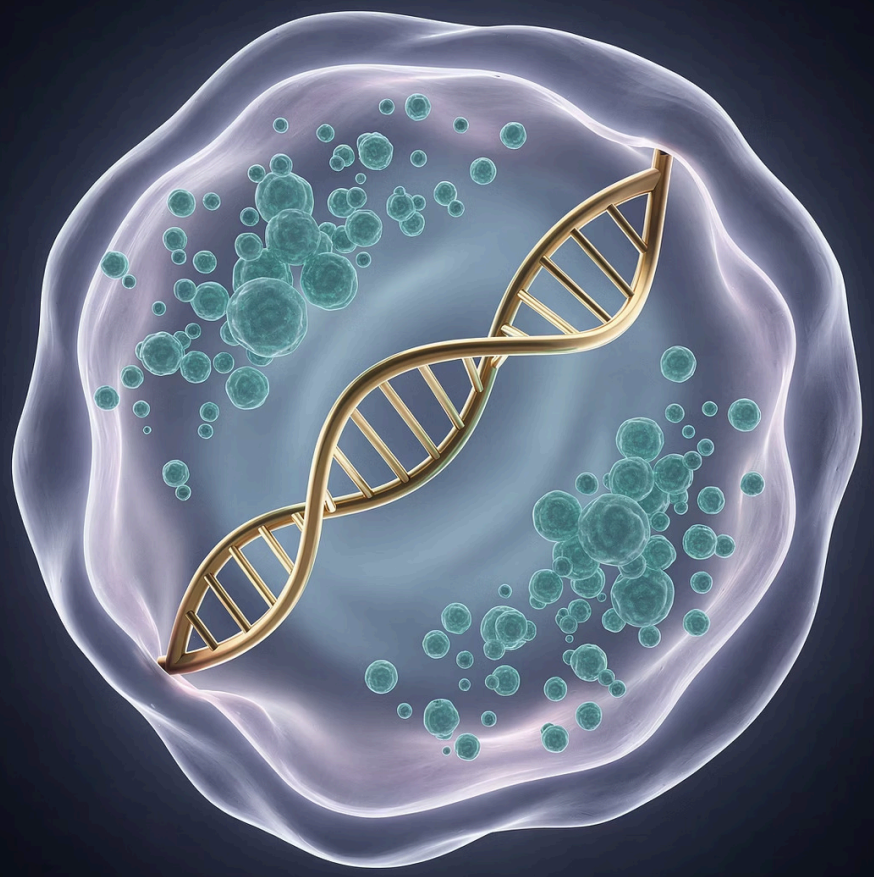


Canlılığın İki Temel Mimarisi

Prokaryot ve Ökaryot Hücrelerde Yapı ve Karmaşıklık Düzeyleri

Ders Sunumu

Teradigma



Ortak Zemin: Tüm Hücrelerin Paylaştığı Dört Temel Unsur

Bilinen her hücrede dört temel bileşen bulunur:

Plazma Zarı

İç ortamı dış çevreden ayırır, madde alışverişini seçici biçimde denetler

Sitoplazma

Hücresel bileşenlerin içinde yüzdüğü jel benzeri ortam

DNA

Tüm genetik talimatları barındıran ve nesillere aktarılan bilgi molekülü

Ribozom

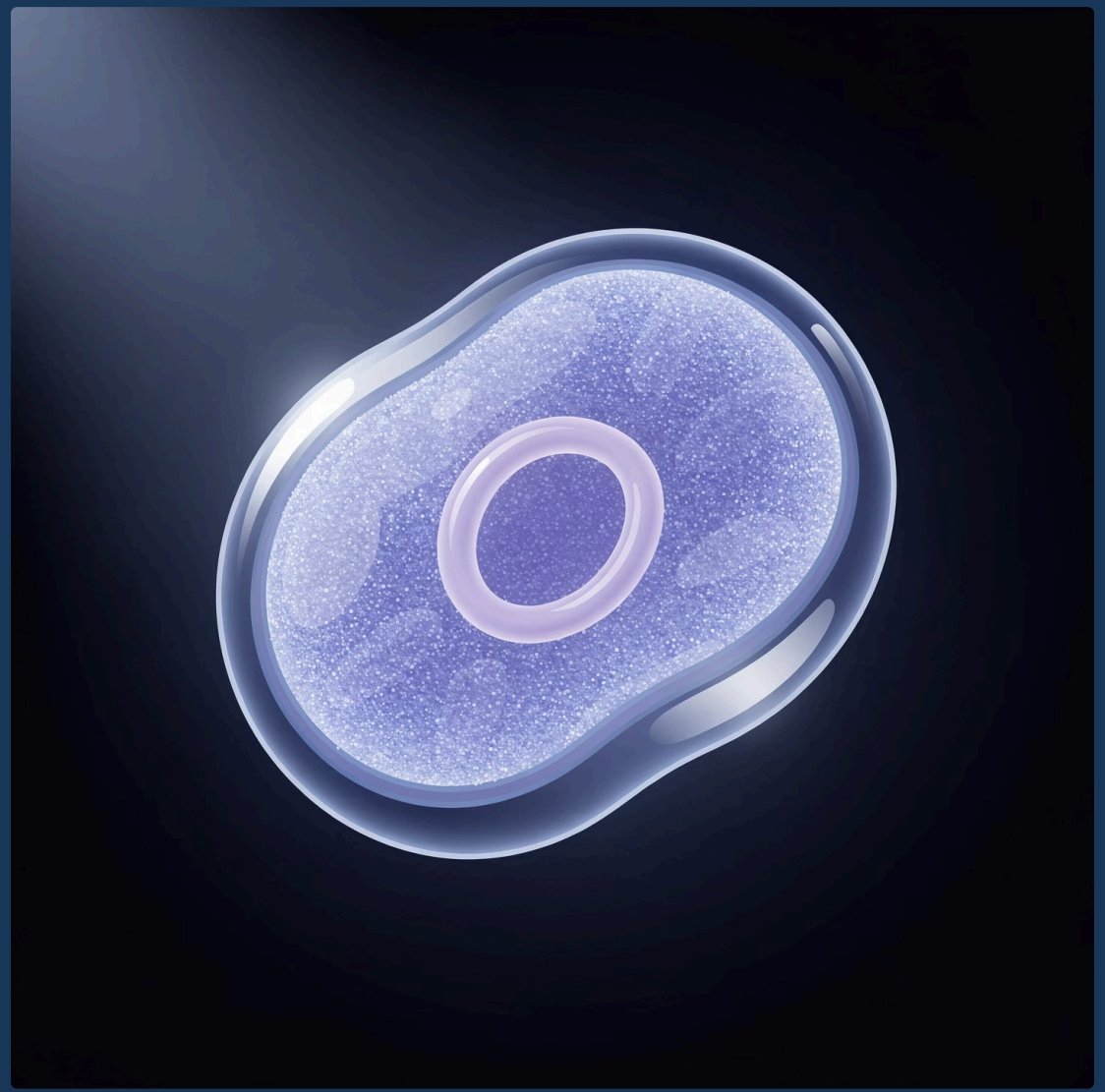
Genetik bilgiyi proteinlere dönüştüren moleküler makine

Temel Ayrım: İki Farklı Mimari Plan

Ortak bu dört bileşen üzerinde, hücresel organizasyon iki farklı stratejiyle inşa edilmiştir:

Prokaryot

Genetik materyal sitoplazmada serbest; zarlı bölme bulunmaz



Ökaryot

DNA, çift katlı zarla çevrili çekirdekte muhafaza edilir; sitoplazma özelleşmiş organellerle bölümlendirilmiştir

🔍 **Felsefi Not:** Aynı dört malzeme, iki bambaşka mimari plana zemin oluşturuyor. Malzeme aynıysa, aralarındaki farkı belirleyen şey nedir?

İki Mimari Arasındaki Temel Farklar — I

Özellik	Prokaryot	Ökaryot
Çekirdek	Yok; nükleoid bölgede serbest	Var; zarla çevrili
Zarlı organeller	Bulunmaz	Çok sayıda, işlevsel olarak özelleşmiş
Hücre boyutu	0.1–5.0 µm	10–100 µm

İki Mimari Arasındaki Temel Farklar — II

Özellik	Prokaryot	Ökaryot
Kromozom	Tek, dairesel	Çok sayıda, doğrusal
DNA paketleme	Histon yok; süper-sarmal yapı	Histon etrafına sarılı; kromatin
Ribozom boyutu	70S (30S + 50S)	80S (40S + 60S)
Gen ifadesi	Transkripsiyon ve translasyon eş zamanlı	Transkripsiyon çekirdekte, translasyon sitoplazmada; ayrı zamanlarda

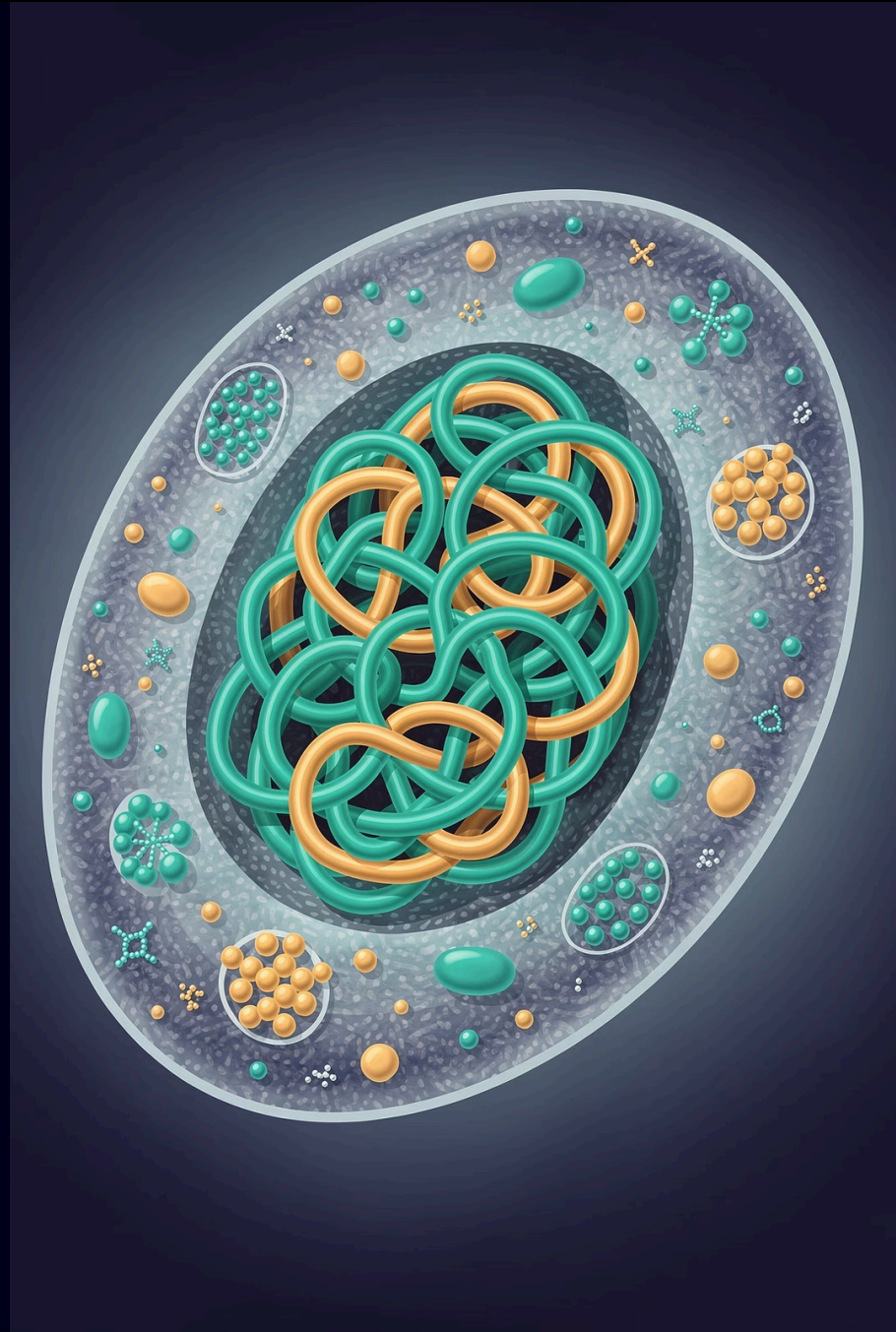
Prokaryot Mimarisi: Verimlilik Üzerine Kurulu Bir Tasarım

Prokaryotik hücrede genetik bilgi, **nükleoid** adı verilen zarsız ancak belirgin bir bölgede, tek dairesel bir DNA molekülü olarak tutulur.

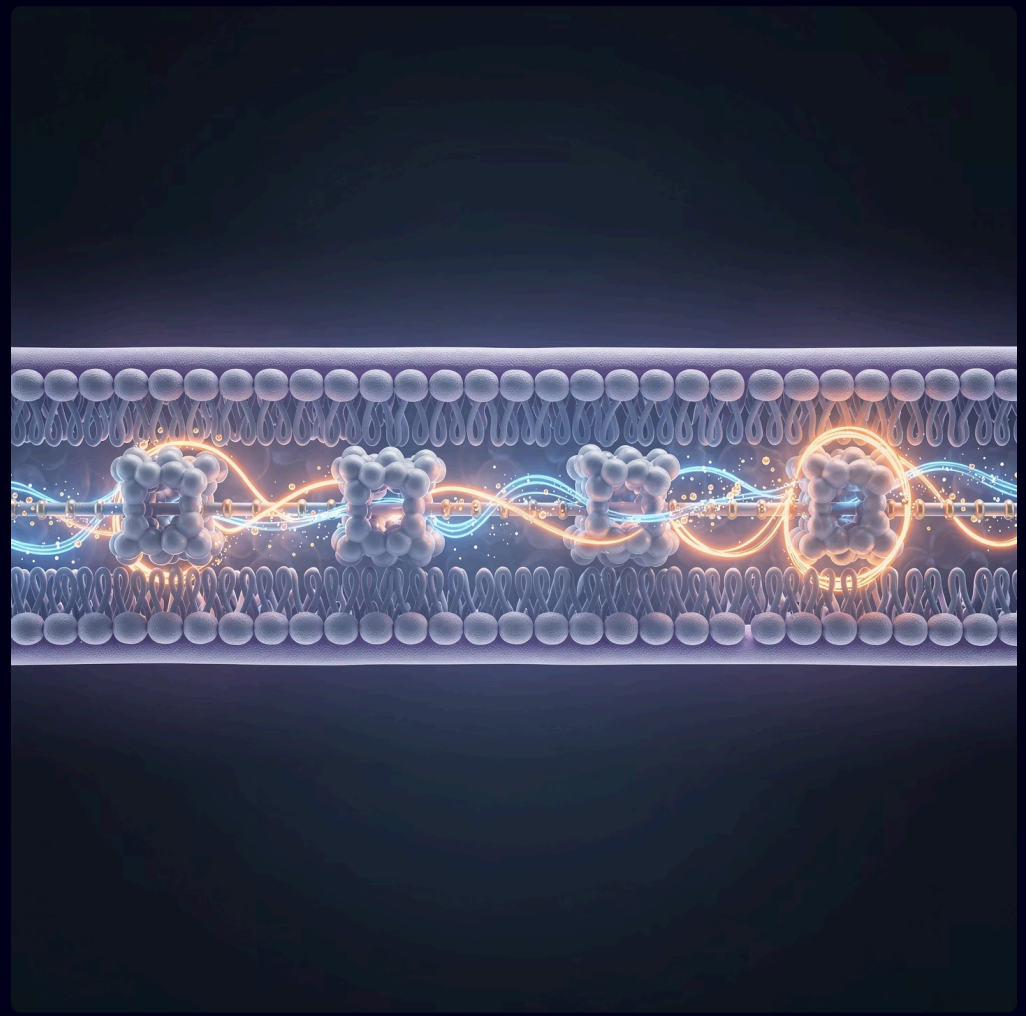
Bu devasa DNA molekülünün küçük bir hücreye yerleştirilmesi, **süper-sarmal (supercoiling)** adı verilen kendi üzerine katlanma yapılarıyla sağlanır.

Çift İşlev

Hem kompakt depolama hem de replikasyon ve transkripsiyon için kolay erişim imkânı sunar



Prokaryotta Enerji Üretimi: Zar, Bir Enerji Merkezine Dönüştürülmüş



Ökaryotlarda enerji üretimi mitokondride yürütülürken, prokaryotlarda bu işlev doğrudan **hücre zarına** yüklenmiştir:

- Elektron taşıma zincirleri ve enzim sistemleri, hücre zarının iç yüzeyine ve kıvrımlarına yerleştirilmiştir
- Bu düzenleme, ortamdaki oksijen durumuna göre aerobik solunum, anaerobik solunum veya fermantasyon arasında geçiş yapılmasına olanak tanır

🔍 **Felsefi Not:** Bir zarın hem sınır hem enerji santrali olarak çift işlev görecek biçimde tertip edilmiş olması tesadüf müdür?

Prokaryotta Gen İfadesi: Eş Zamanlı Transkripsiyon ve Translasyon

Prokaryotlarda çekirdek zarı bulunmadığından, transkripsiyon ve translasyon arasında fiziksel bir engel yoktur:

1

Anlık Bağlanma

mRNA sentezi başlar başlamaz ribozomlar serbest kalan uca tutunur

2

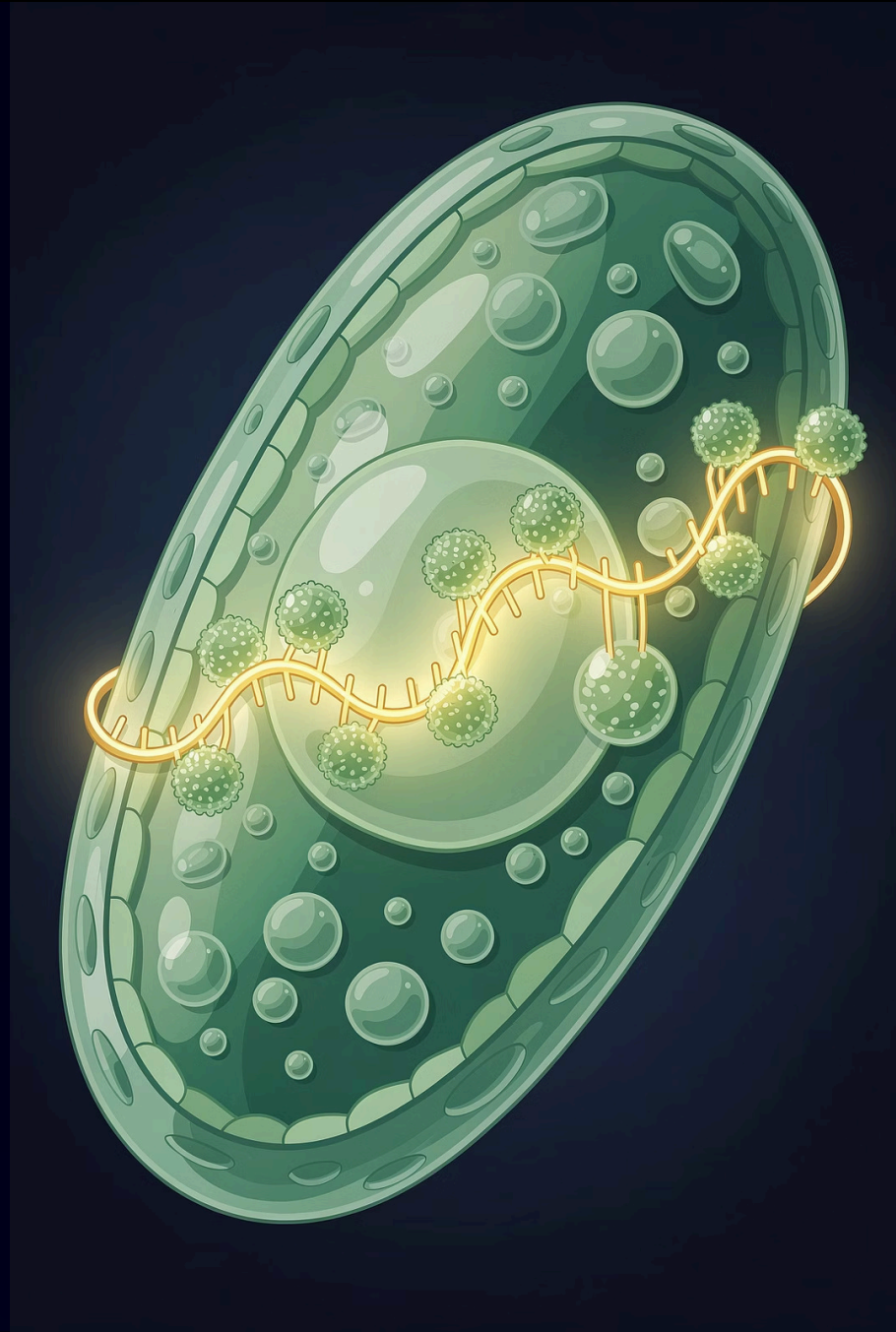
Paralel Süreç

Transkripsiyon tamamlanmadan protein sentezi başlatılır

3

Hızlı Yanıt

Hücre, çevresel bir değişikliğe saniyeler–dakikalar içinde yanıt verebilir



Ökaryot Mimarisi: Bölümlendirilmiş Bir Potansiyel Şehri

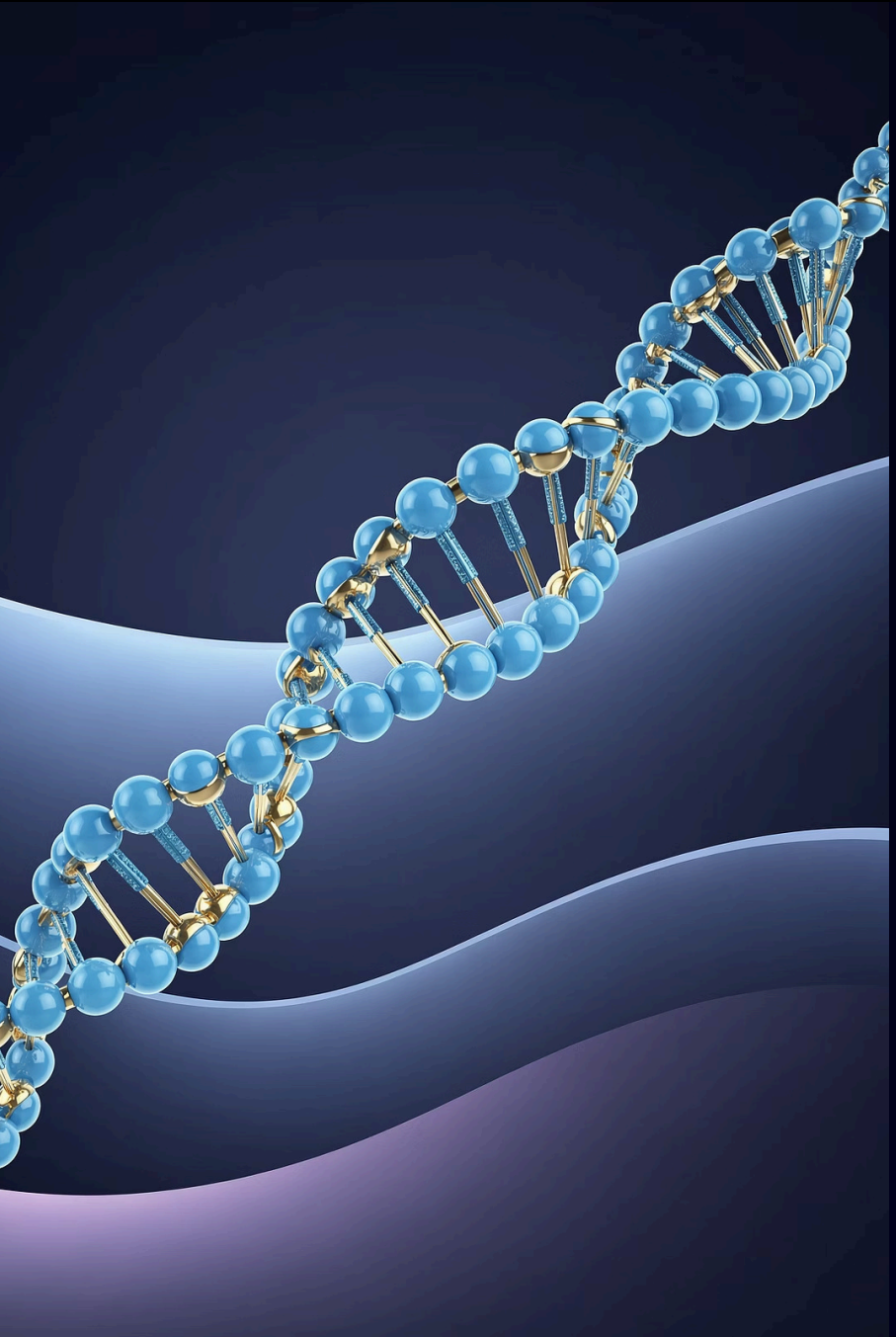
Ökaryotik hücre, prokaryottan 10–100 kat daha büyüktür. Bu büyüklük, yalnızca bir ölçek farkı değildir:

Koordinasyon Gerektiren Büyüklük

Ancak gelişmiş hücre içi taşıma sistemleri ve organeller arası koordinasyon mekanizmalarıyla mümkün kılınmıştır

Bölümlendirilmiş Yapı

Her organelin belirli bir işlevi üstlendiği bölümlendirilmiş bir yapıdır



Çekirdek: Bilginin Sanatlı Paketlenme Sistemi

Bir insan hücresindeki DNA'nın toplam uzunluğu yaklaşık 2 metreyi bulur. Bu zincirin mikroskobik çekirdeğe yerleştirilmesi, çok katmanlı bir paketlemeyle sağlanır:

Nükleozom

DNA sarmalı, sekiz **histon** proteininden oluşan bir makaranın etrafına sarılarak **nükleozom** birimini oluşturur

Kromatin

Nükleozom zincirleri katlanarak **kromatin** yapısını meydana getirir

Epigenetik Kontrol

Bu paketleme aynı zamanda hangi genlerin "açık" ya da "kapalı" olacağını belirleyen epigenetik kontrolün de temelidir

Nükleer Por Kompleksi: Çelişkili İki Görevi Birden Yürüten Sistem

Çekirdeği saran **nükleer zarf**, bir çift katlı membran sistemidir. Çekirdek ile sitoplazma arasındaki geçiş, üzerindeki **Nükleer Por Kompleksi (NPC)** aracılığıyla denetlenir:

~30 Protein Türü

Yüzlerce kopyadan inşa edilmiş karmaşık yapı

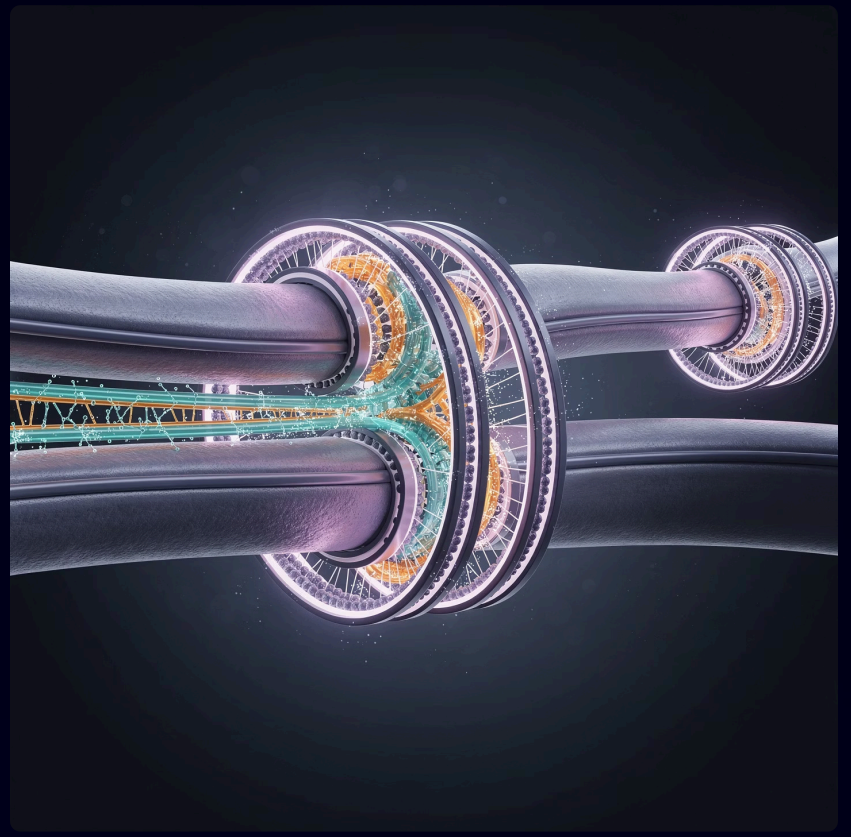
~1000 Molekül/sn

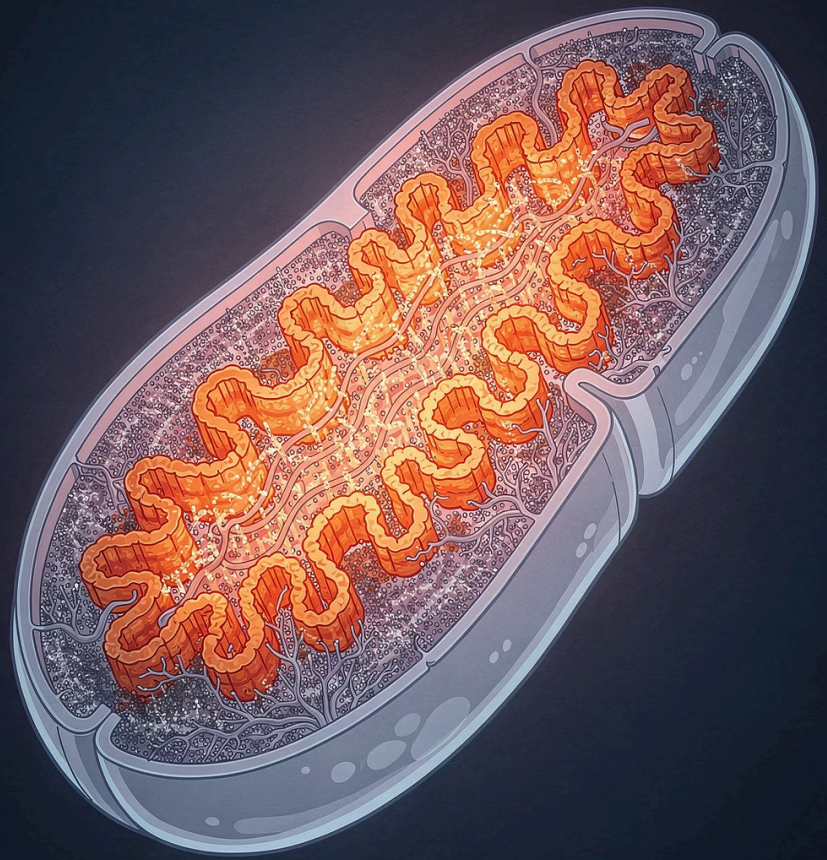
Saniyede yaklaşık 1000 molekül taşıma kapasitesi

Seçici Geçiş

Büyük kargolar için enerji gerektiren seçici süreç

🔍 **Felsefi Not:** Koruma ve kesintisiz iletişim, birbiriyle çelişen iki görev gibi görünür. Bunları aynı anda yerine getirecek bir sistemin varlığı bize ne anlatıyor?





Mitokondri: Kristalar ve Enerji Yüzeyi

Mitokondrinin iç zarı, **krista** adı verilen çok sayıda kıvrım oluşturarak yüzey alanını olağanüstü biçimde artırır:

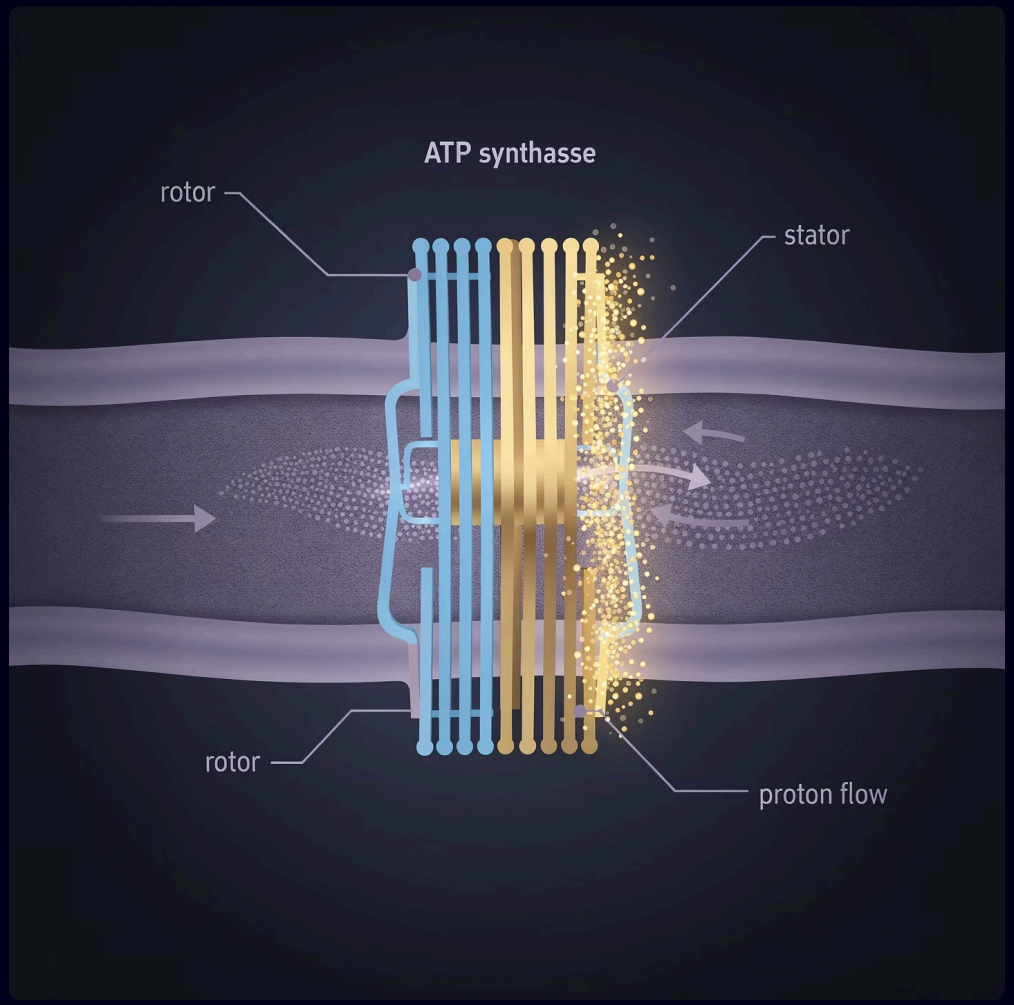
- Bu yapı, elektron taşıma zinciri (ETS) ve ATP sentaz enzimlerinin çok daha fazla sayıda yerleşmesine zemin hazırlar
- Ökaryotik hücrenin artan enerji ihtiyacı bu yapısal tasarımla karşılanır

10x

Yüzey Artışı

Kristalar sayesinde iç zar yüzeyi dramatik biçimde genişler

ATP Sentaz: Döner Bir Moleküler Motor



Mitokondrinin iç zarına yerleştirilmiş **ATP sentaz**, üç farklı enerji formunu birbirine dönüştürür:

1. **Elektrokimyasal Potansiyel**
   Zarlar arasında biriken protonların (H^+) akışı
2. **Mekanik Dönme**
   Rotor adlı yapı fiziksel olarak döner
3. **ATP Enerjisi**
   ADP ve fosfat birleştirilerek ATP sentezlenir

Dönüşüm neredeyse kayıpsız bir verimlilikle gerçekleştirilir.

Endomembran Sistemi: Üretim ve Lojistik Ağı

Hücrenin malzeme üretimi ve dağıtımı, birbiriyle entegre çalışan bir sistemle yürütülür:

Granüllü ER

Hücre dışına gönderilecek veya organellerde kullanılacak proteinlerin sentezlendiği üretim hattı

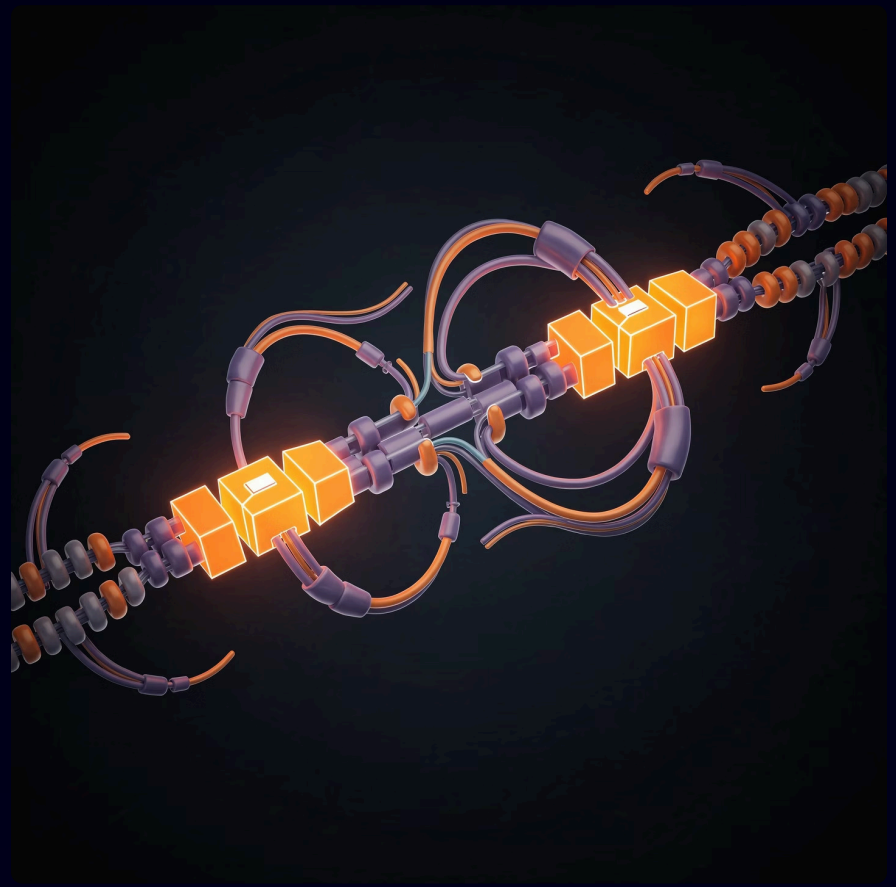
Düz ER

Lipit sentezi ve detoksifikasyon görevlerini üstlenir

Golgi Aygıtı

ER'den gelen molekülleri işler, sınıflandırır, paketler ve son hedeflerine yönlendirir

Ekson, İntron ve Alternatif Splicing



Ökaryotik genlerde protein kodlayan bölgeler (**eksonlar**) ile kodlama yapmayan bölgeler (**intronlar**) birlikte bulunur:

01

Ön-mRNA Sentezi

DNA'dan önce ekson ve intronların tamamını içeren bir ön-mRNA sentezlenir

02

Splicing

Kesme-birleştirme işlemiyle intronlar çıkarılır, eksonlar birleştirilir

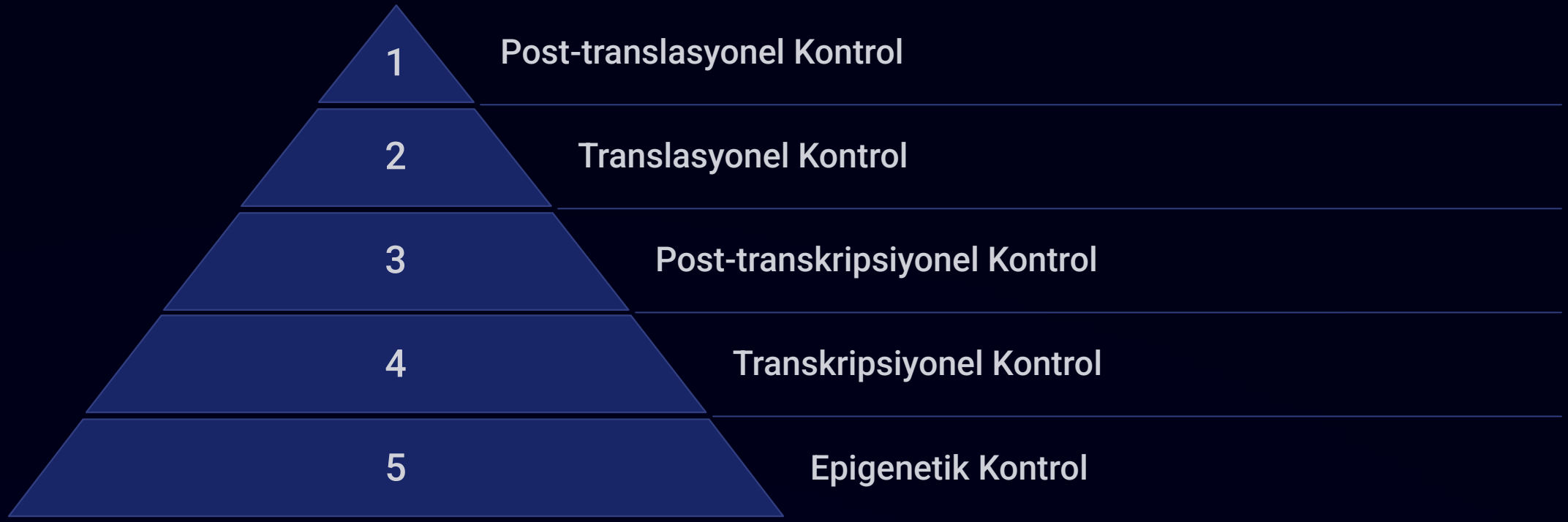
03

Alternatif Splicing

Aynı ön-mRNA'dan farklı ekson kombinasyonları kullanılarak yüzlerce farklı protein üretilebilir

Çok Katmanlı Gen Kontrolü

Ökaryotik hücrede gen ifadesi, birbirini izleyen beş denetim aşamasında ayarlanır:



Her katman bir öncekinin üzerine inşa edilerek gen ifadesinin hassas biçimde ayarlanmasını sağlar.

Hücre İskeleti ve Motor Proteinler

Ökaryotik hücrenin büyük hacmini koruması ve organellerin taşınması, **hücre iskeleti** adlı protein ağıyla sağlanır:

Mikrotübüller

Hücre iskeleti ana yolları

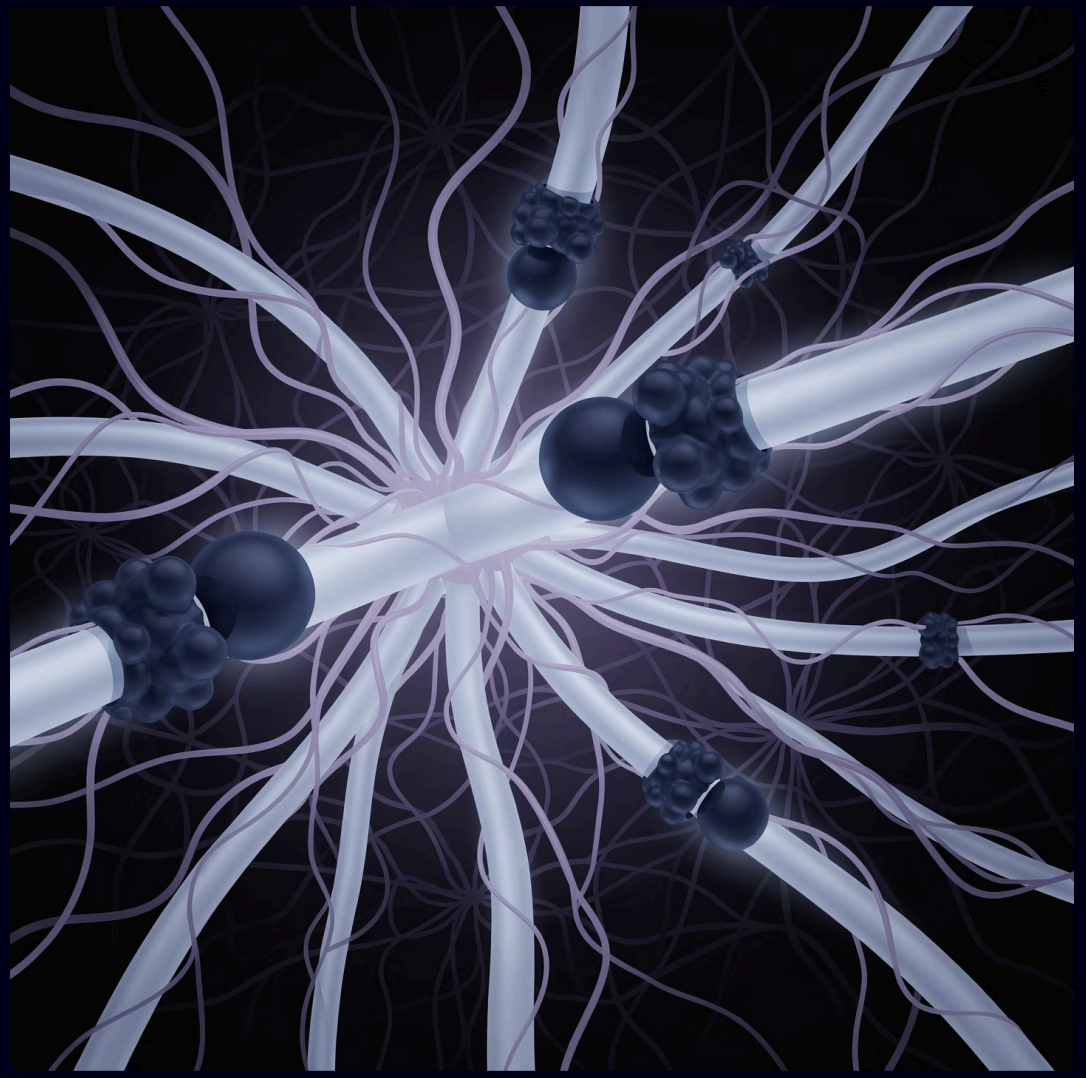
Mikrofilamentler

İnce protein iplikleri

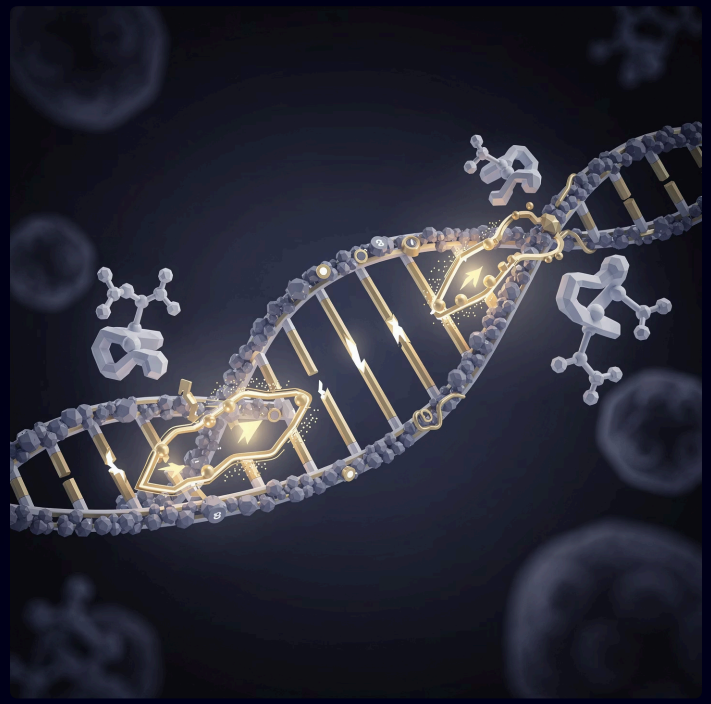
Ara Filamentler

Yapısal destek ağı

Kinesin ve **dinein** gibi motor proteinler, ATP'den elde ettikleri kimyasal enerjiyi mekanik harekete dönüştürerek vezikülleri ve organelleri filamentler boyunca belirli hedeflere taşır.



DNA Tamir Mekanizmaları: Bilginin Korunması da Planın Parçası



Bir insan hücresinde her gün binlerce DNA hasarı meydana geldiği tahmin edilmektedir. Hücrelere yerleştirilmiş **DNA tamir mekanizmaları**, bu hasarların büyük çoğunluğunu kalıcı bozulmaya dönüşmeden onarır:

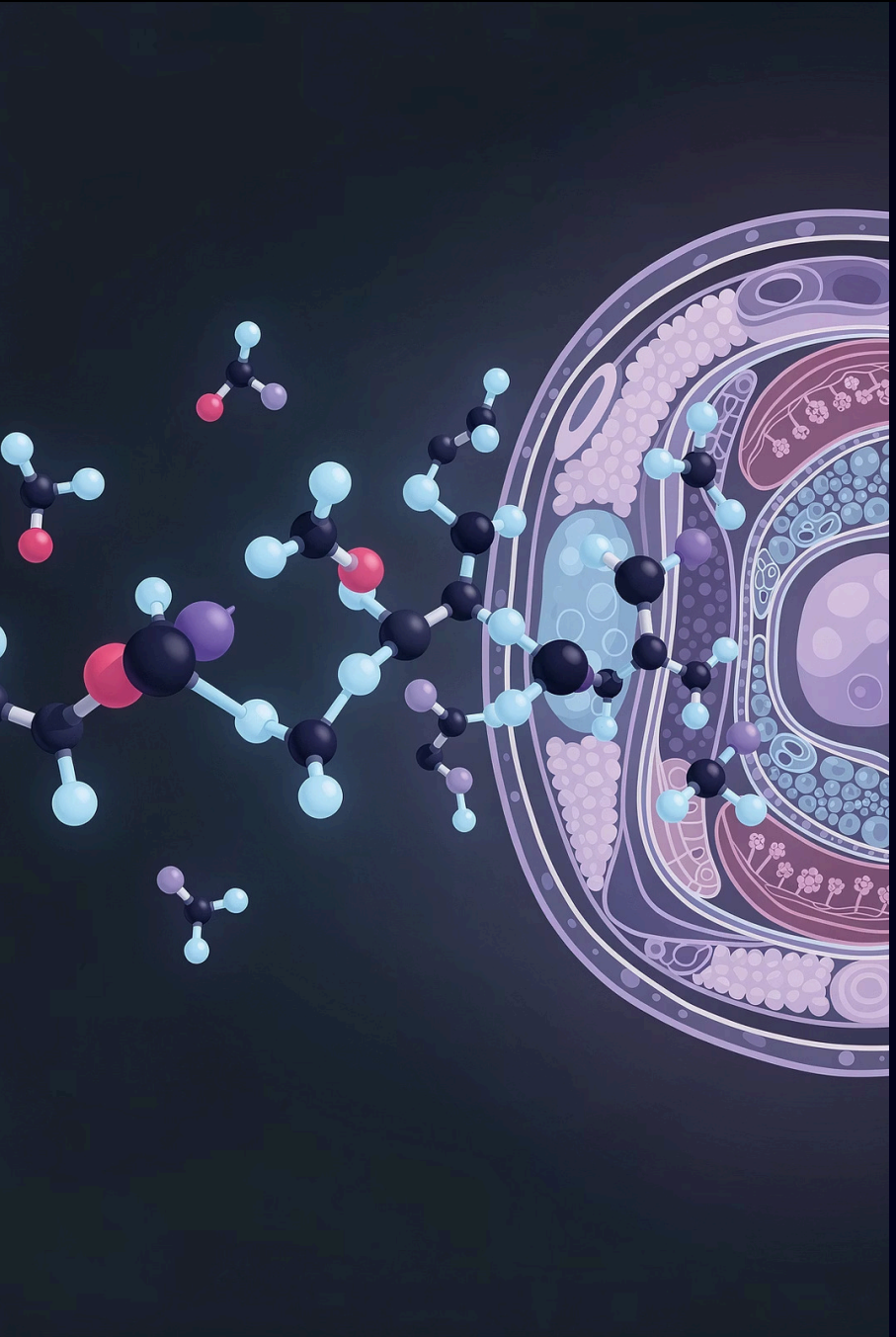
Kalıcı Hasar

1000'den fazla hasardan yalnızca biri kalıcı bozulmaya dönüşür

Tamir Verimliliği

Tamir verimliliği yüzde 99.9'un üzerindedir

🔍 **Felsefi Not:** Bilgiyi yazmak kadar onu korumak da bu sistemin ayrılmaz bir parçası olarak tertip edilmiş. Hem içerik hem güvence aynı anda tasarlanmış olmak ne anlama gelir?



Hammadde ve Sanat: Atomdan Hücreye

Hücreyi oluşturan hammadde; karbon, hidrojen, oksijen, azot gibi cansız atomlardır. Bu atomların hiçbirinde tek başına canlılık, bilgi işleme veya kendini onarma özelliği bulunmaz.

Ancak bu atomlar belirli bir plan, ölçü ve nizam dahilinde bir araya getirildiğinde, kendilerinde zerre miktarda bulunmayan üst düzey özelliklere sahip yaşayan bir yapı ortaya çıkar.

> Bir kitabın mürekkep ve kâğıttan ibaret olmaması gibi, DNA'daki genetik bilgi de onu oluşturan nükleotidlerin kimyasal özelliklerinden ibaret değildir.

Parçalar ve Bütün: Bir Soruyu Sormak

Cansız ve şuursuz atomlar, kendilerinde bulunmayan bir bilgiyi nasıl yazıyor, okuyor, kopyalıyor ve onarıyor?

Saat Analojisi

Sahilde bir saat bulsanız, bir saat ustasının varlığını kabul edersiniz

Hücrenin Hassasiyeti

Her hücrenin içinde, insanlığın tüm teknolojisini gölgede bırakan hassasiyette bir sistem çalışmaktadır

> Bir şehrin plancılara, mimarlara ve mühendislere ihtiyaç duyduğu; ancak içimizdeki mikroskobik şehrin yalnızca zamana ve rastlantıya ihtiyaç duyduğu sonucuna varmak ne kadar makuldür?

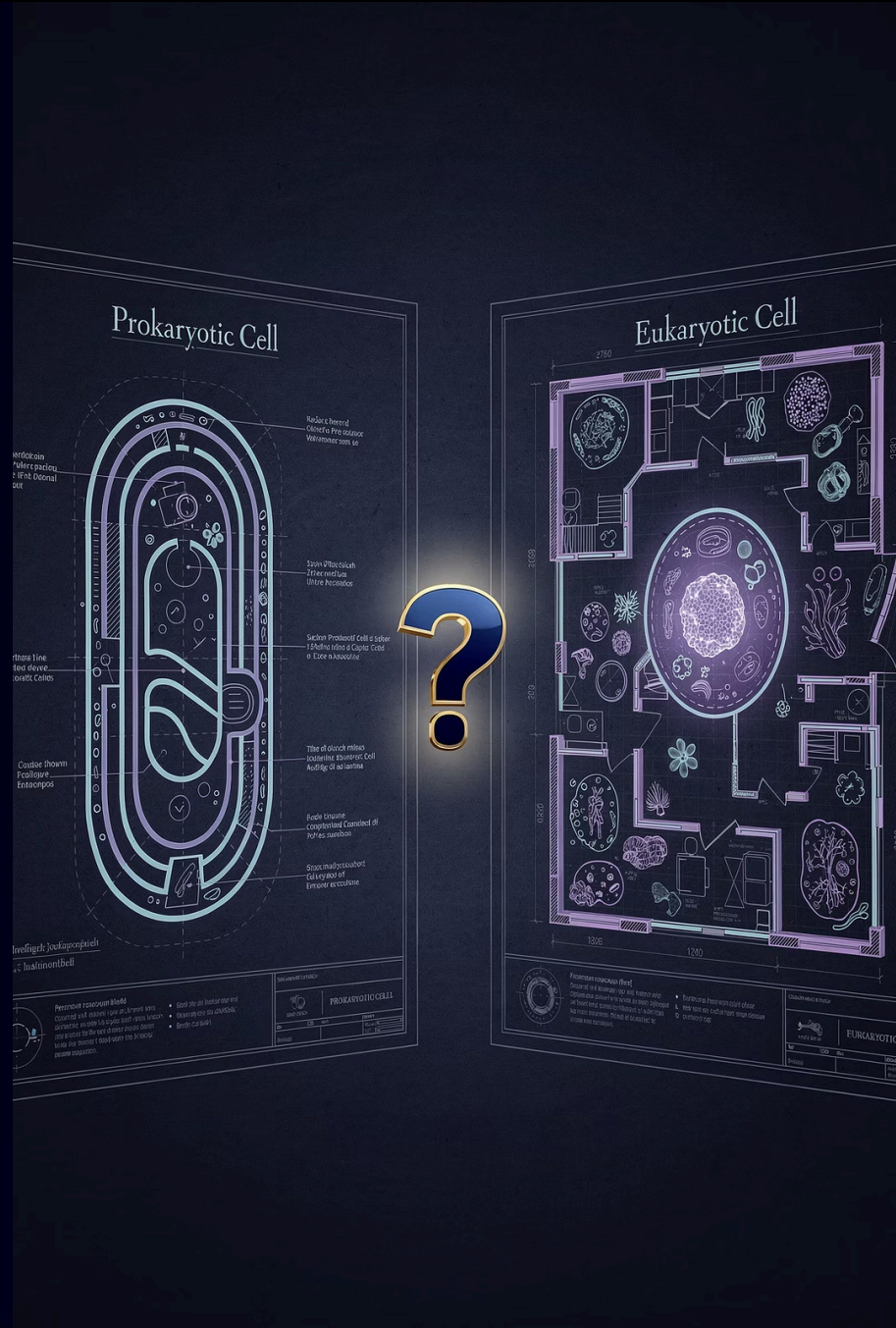
Özet: İki Mimari, Tek Temel Soru

İki hücre mimarisi, aynı dört temel bileşenden yola çıkarak bambaşka karmaşıklık düzeylerine ulaşır:

Prokaryot

Süper-sarmal paketleme, zarla entegre enerji üretimi, eş zamanlı gen ifadesiyle **hız ve dayanıklılık odaklı tasarım**

Ökaryot

Çekirdek, NPC, mitokondri, endomembran sistemi, alternatif splicing ve beş katmanlı gen kontrolüyle **potansiyel ve özelleşme odaklı tasarım**

> Her iki mimaride de ortak olan şey şudur: cansız atomlardan ortaya çıkan bu düzen, amaçlılık ve hassas ayar, plansız bir araya gelişin değil; ilim, irade ve kudretin izlerini taşır.